

PDP TV Screen Filter의 Shielding Effectiveness

측정 및 분석

°박규복 · 김윤정 · 김영수
포항공과대학교 전자컴퓨터공학부
경북 포항시 남구 효자동 산 31번지
E-mail : jerry95@postech.ac.kr

Measurements and Analysis of Electromagnetic Shielding Effectiveness of PDP TV Screen Filters

°Gyu-Bok Park · Yoon-Jung Kim · Young-Soo Kim
Division of Electrical and Computer Engineering, Pohang University of Science and Technology
San 31, Hyoja-dong, Nam-gu, Pohang, Korea
E-mail : jerry95@postech.ac.kr

Abstract

Screen filter of PDP TV plays an important role in satisfying the EMI/EMC specifications. Two types of filters, the mesh type and the sputter type, are used in PDP TVs, and this paper presents measurement results of the shielding effectiveness (SE) in the frequency range from 50MHz to 1GHz.

Two methods were used for the measurement, one using network analyzer (NA) in an open area test site(OATS), and the other using the screen room. The overall conclusion is that the shielding effectiveness of the screen filter is related to the surface resistance of the screen filter. The mesh type screen filters are superior to the sputter types in the shielding effectiveness, which is varying with the frequency.

I. 개요

IT 산업의 급속한 발전에 따라 우리 생활 주변에서 흔히 볼 수 있는 전자기기들의 구성요소인 전자, 정보, 통신회로 등이 초경량화, 초고속화, 고밀도화 되어가고 있으며 이에 따라 원하지 않는 다양한 전자파 장애 현상이 전자기기 내부에서 또는 외부에서 일어나고 있다.

이에 따라 올바른 전자파 이용 환경과 EMC규제 방안이 전 세계에서 필연적으로 대두되게 되었

으며 전자파 저감기술 방안, 시험방법, 대책기술 개발 등에 관한 연구의 필요성이 크게 대두되고 있다.

최근 초대형 display 분야에서 크게 각광을 받고 있는 PDP TV 역시 고전압의 사용으로 인해 EMI 문제가 크게 대두되고 있다.

이 논문은 PDP TV의 필수 구성요소 중 EMI를 줄이는데 큰 역할을 담당하고 있는 screen filter의 shielding effectiveness를 측정하고 이를 분석함으로써 PDP TV의 원가 절감과 EMI 규격 획득에 활용하고자 한다.

II. PDP TV의 구성 요소 및 screen filter의 종류 및 역할

2-1. PDP TV 구성 요소

그림 1과 같이 (a)의 module 상태에서 (b)의 back cover 와 (c)의 front cover를 장착하여 (d)의 PDP set 상태를 완성하게 된다.

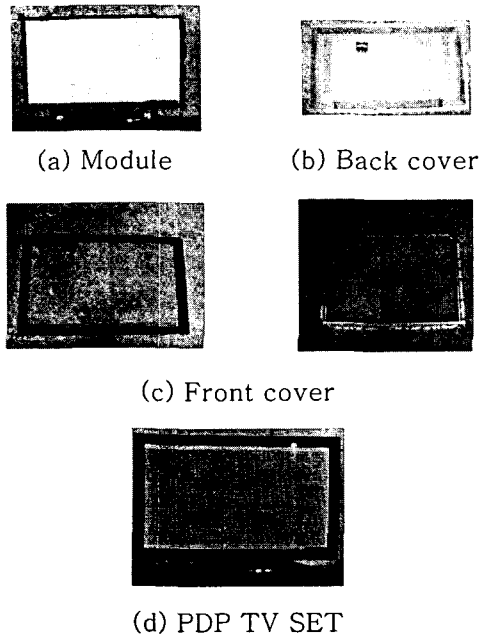


그림 1. PDP TV의 구성

2-2. Screen filter의 종류 및 구조

PDP filter의 핵심 기술은 저저항 투명 전도막 코팅 기술로 유리위에 진공코팅 기술을 사용하여 투명하면서도 전기 전도성이 뛰어난 박막을 코팅하는 기술이다. PDP필터 분야에서는 영상보정과 전자파 차단을 위하여 면저항(Surface resistance) 2Ω이하의 전기 전도성 투명막이 이용되고 있다.

현재 PDP TV에 사용되고 있는 filter로는 mesh filter와 sputter filter 2종류가 있으며 특성과 용도는 아래와 같다.

Filter의 종류	용도	Surface resistance
Mesh filter	Class B	0.1 [Ω/□]
Sputter filter	Class A	1.2 [Ω/□]

표 1. Screen filter의 종류와 특성

표1에서 보인 면저항과 shielding effectiveness와의 관계는 아래의 그림 2에서 설명될 수 있다.

그림에서와 같이 전기의 도체 표면으로의 자력선은 과전류에 의해 역방향으로 자력선을 발생시키는데 이때 전기의 도체 저항이 작을수록 큰 전류가 흐르며 이로 인한 역방향 자력선은 커지게 된다. 따라서 더 큰 shielding 효과를 얻을 수 있다.

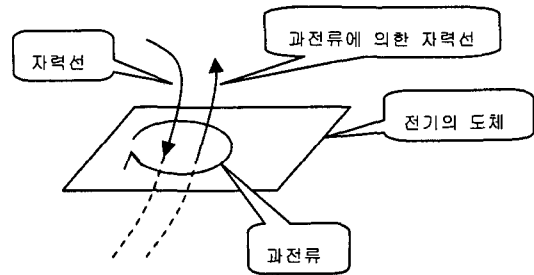


그림2. 면저항과 shielding effectiveness와의 관계

또한 screen filter의 구조는 mesh type의 경우 copper mesh 층을 중심으로 glass 층과 PET (Polyethylene Terephthalate)층으로 구성되며 sputter type의 경우 mesh type의 구조와 동일하나 단 copper mesh층 대신에 Ag를 이온화 또는 기체화시켜 얇은 막 형태로 증착(Sputtering) 시킨다는 점에서 차이가 있다.

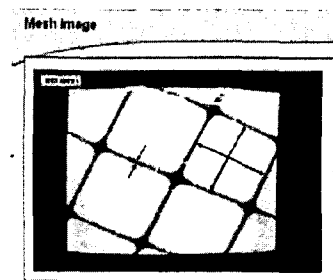


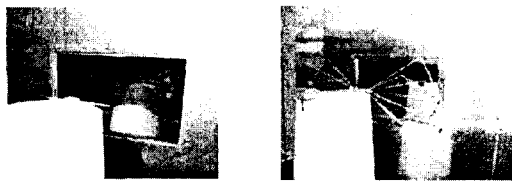
그림 3.Mesh type의 copper mesh 층

III. 실험 내용

3-1. OATS에서의 SE측정

3-1-1. 측정 장비

실험은 Modified MIL-STD-285 규정에 근거하여 수행된다. 그림 4에서 보여지는 것과 같이 송, 수신 안테나를 분리시키고 screen filter를 지지하기 위해 공간 차폐물이 설치되고 공간 차폐물에 의해 분리된 두 공간에 송,수신 안테나가 설치된다. 사용된 송,수신 안테나의 조합은 표 2와 같다.



(a)송신측 모습 (b)수신측 모습
그림 4. 송,수신측 모습

주파수(MHz)	50-140	140-205	205-400	400-1000
송신 안테나 (balun type)	Dipole (DB2)	Dipole (DB3)	Dipole (DB3)	Dipole (DB4)
수신 안테나	Biconical	Biconical	Log Periodic	Log Periodic

표2. 주파수별 안테나 사용

3-1-2. 측정 거리

측정 거리의 경우 radiated near field 구간

$$\left(0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \text{ to } \frac{2D^2}{\lambda}, D: \text{antenna dimension}, \lambda: \text{wavelength} \right) \text{으로}$$

정하여 측정을 하였는데 이는 실제 PDP 내부에서 방사되는 전자파는 screen filter까지의 거리가 far field 보다 오히려 near field의 조건에 부합되기 때문이다. 또한 실험의 정확성을 결정 짓는 가장 중요한 요소가 주위의 multi-path의 영향을 최소화 하는 것이기 때문에 far field로 측정된 data는 near field로 측정된 data 보다 multi-path의 영향이 심하다고 여겨진다. 그러므로 multi-path의 영향을 최소화 하기 위해 측정 거리는 near field의 조건이 더욱 적합하다고 판단된다.

3-1-3. 측정 방법

Screen filter의 SE를 알아내기 위해 다음과 같이 실험하였다. 먼저 screen filter가 없는 상태에서 S21을 측정하는 1차 실험을 실행한다.

그 후 screen filter를 장착한 후 같은 방법으로 S21을 측정하는 2차 실험을 통해 아래와 같은 식 (1)에 의해 SE측정값을 구한다.

$$SE[\text{dB}] = S21(\text{without screen filter}) [\text{dB}] - S21(\text{with screen filter}) [\text{dB}] \quad (1)$$

3-1-4. 측정 결과

42인치와 50인치 screen filter에 대한 측정 결과는 아래의 그림 5~8과 같이 나타내어진다. 그림 5와 6은 42인치 screen filter의 SE 특성을 보여주고 있으며 그림 6은 그림 5의 결과에 moving average 한 결과이다. 그림 7과 8은 50인치 screen filter의 SE 특성을 보여주고 있으며 그림 8은 그림 7의 결과에 moving average 한 결과이다.

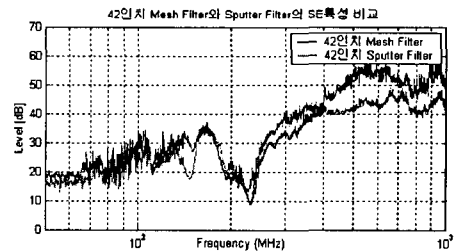


그림 5. Mesh, sputter filter의 SE특성 비교

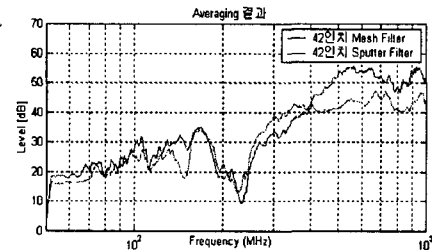


그림 6. Moving average 결과

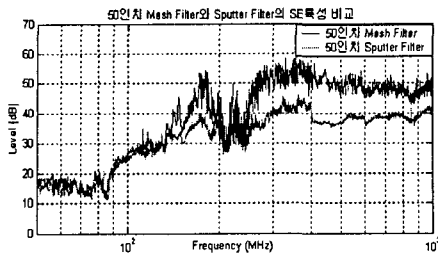


그림 7. Mesh, sputter filter의 SE특성 비교

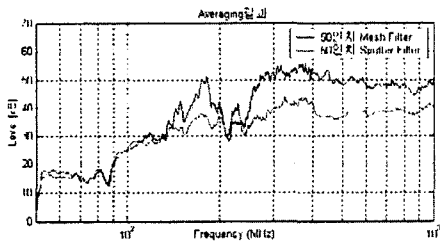


그림 8. Moving average 결과

Screen filter의 주파수에 대한 SE특성은 전반적으로 주파수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이다가 500MHz 이후부터 42인치 mesh filter의 경우 50-60dB내에서, sputter filter의 경우 40-50dB내에서 변하고 있으며, 50인치의 경우 mesh filter의 경우 50dB, sputter filter의 경우 40dB를 중심으로 약간의 변화를 보이고 있다. 또한 전반적으로 mesh filter가 sputter filter에 비해 5-10dB정도 높은 SE값을 보이고 있다.

주파수 대역별 평균 SE값을 나타내면 아래의 표 3과 표 4와 같다.

Freq[MHz] \ SE[dB]	50-180	180-400	400-1000
Mesh filter	25	28	52
Sputter filter	23	30	43

표 3. 42인치 screen filter의 주파수별 평균 SE

Freq.[MHz] \ SE[dB]	50-180	180-300	300-1000
Mesh filter	28	43	51
Sputter filter	26	33	39

표 4. 50인치 screen filter의 주파수별 평균 SE

위의 결과에서 알 수 있듯이 screen filter의 SE값이 주파수가 높아짐에 따라 증가하고 있는데 이러한 현상의 원인을 살펴보면 mesh filter의 경우 mesh를 구성하는 copper층 사각형의 구조적 크기가 측정주파수 대역의 파장 길이와 비슷한 범위에 있다면 주파수가 높아질수록 SE는 줄어드는 것이 일반적인 사실이다. [3]

하지만 실제 PDP에 사용되는 mesh filter의 경우 정사각형 구조로 수백 μm 의 크기를 가지는데 이는 실제 측정 주파수 대역의 파장인 0.3m - 6m에 비해 매우 작다.

$$0.3m - 6m \gg \text{수백 } \mu m \quad (2)$$

위와 같이 mesh 구조의 크기가 측정 주파수 대역의 파장에 비해 매우 작다면 mesh의 크기는 SE값에 크게 영향을 끼치지 못하게 된다. 또한 이러한 사실은 sputter filter의 경우에도 적용된다.

아래 식(3)에 의해 주파수가 증가함에 따라 skin depth가 줄어들게 되고 흡수손실이 커져 SE가 증가하게 된다. 따라서 주파수 증가에 따른 SE의 증가는 mesh의 구조적 크기보다 흡수손실의 증가가 더욱 큰 영향을 끼친다고 해석된다.[1][2]

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu G}} [m] \quad (3)$$

where μ = the permeability of metal = $\mu_0 \mu_r$

G = conductivity in mhos / meter

f = frequency[Hz]

3-2. 전자파 차폐실에서의 SE측정

전자파 차폐실에서의 screen filter의 SE측정은 PDP에 직접 장착하여 실험을 하였다.

3-2-1. 측정 환경

측정 환경은 아래의 그림에서 보는 것과 같이 전자파 차폐실 내부의 광대역 안테나와 turn table을 이용하여 측정 하였다. 또한 3m 차폐실이 기 때문에 안테나와 EUT(Equipment Under Test)

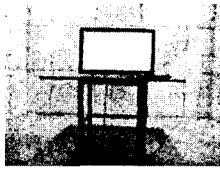
와의 거리는 3m이다.



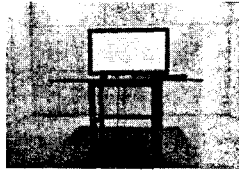
그림 9. 전자파 차폐실 내부 모습

3-2-2. 측정 방법

측정 방법은 아래의 그림 10에서 보는 것과 같이 PDP TV SET에서 screen filter만을 제거한 상태에서 1차 실험을 행하고 screen filter를 PDP TV에 장착하여 2차 실험을 행하여 다음 식 (4)에 의해 SE값을 구한다.



(a)Screen filter가 제거된 PDP SET의 모습



(b)Screen filter가 장착된 PDP SET의 모습

그림 10. PDP TV SET의 모습

$SE[db] = PDP\ SET\ 의\ EMI\ (without\ screen\ filter)[db]$

$- PDP\ SET\ 의\ EMI(with\ screen\ filter)[db]$ (4)

3-2-3. 측정 결과

42인치와 50인치 screen filter의 경우 측정 결과는 아래의 그림 11~14와 같이 나타내어 진다.

그림 11과 12는 42인치 screen filter의 측정 결과이며 그림 12는 그림 11의 moving average한 결과이다. 그림 13과 14는 50인치 screen filter의 측정 결과이며 그림 14는 그림 13의 moving average한 결과이다.

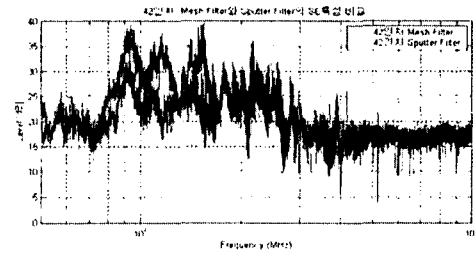


그림 11. 42인치 mesh , sputter filter의 SE특성 비교

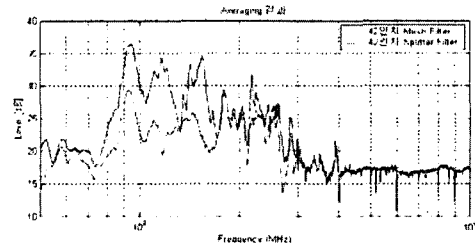


그림 12. Moving average 결과

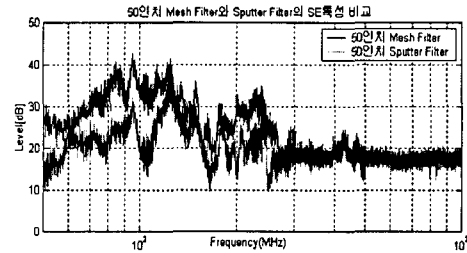


그림 13. 50인치 mesh , sputter filter의 SE특성 비교

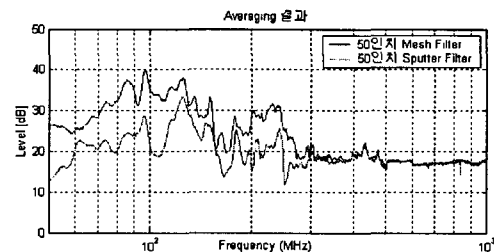


그림 14. Moving average 결과

위의 그림에서 50MHz-1GHz의 측정 주파수 대역 중 전자파 차폐실 측정장비의 한계로 인해 측정 결과의 신뢰구간은 50MHz-300MHz로 제한된다. 전반적으로 주파수가 증가함에 따라 screen filter의 SE가 증가하는 경향을 보이다가 100MHz 이후부터 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 전

대역(50MHz-300MHz)에서 mesh filter가 sputter filter 에 비해 평균 5-10dB정도 높은 SE값을 나타내고 있다. 주파수 대역별 평균 SE값을 구하면 다음 표 5와 표 6과 같다.

Freq.[MHz] \ SE[dB]	50-80	80-200	200-300
Mesh filter	20	28	25
Sputter filter	18	24	23

표 5. 42인치 screen filter의 주파수별 평균 SE

Freq.[MHz] \ SE[dB]	50-80	80-200	200-300
Mesh filter	28	30	25
Sputter filter	19	25	20

표 6. 50인치 screen filter의 주파수별 평균 SE

3-3. OATS에서의 SE측정결과와 전자파 차폐실에서의 SE측정결과 비교

3-3-1. 측정 방법의 차이점 분석

실험 1의 경우 OATS에서 near field 측정을 하였으며 실험 2의 경우 전자파 차폐실(측정거리 3m)에서 측정한 것이다. 전자파 차폐실에서의 실험은 측정 장비의 한계로 인해 신뢰구간이 제한된다. 또한 전자파 차폐실의 경우 실험에 사용되는 screen filter 외에 module 외부를 둘러싸고 있는 case(back cover , front cover)와 또는 case와 screen filter와의 전기적인 접합에 의해 측정결과가 영향을 받을 수 있다.

3-3-2 측정 결과

측정 결과는 아래 그림 15~18과 같으며 42인치 mesh filter와 sputter filter에 한해 이루어졌으며 50MHz-300MHz대역에 대해 비교,분석하였다.

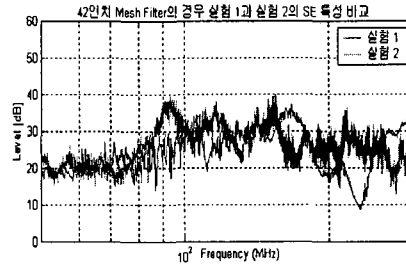


그림 15. Mesh filter의 경우 실험 1과 실험 2의 SE특성 비교

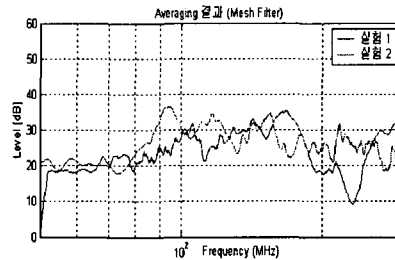


그림 16. Moving average 결과

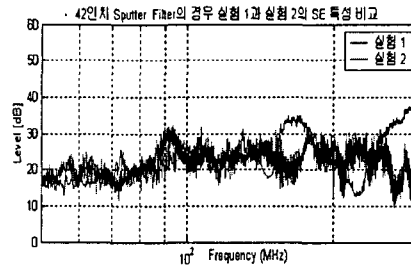


그림 17. Sputter filter의 경우 실험 1과 실험 2의 SE특성 비교

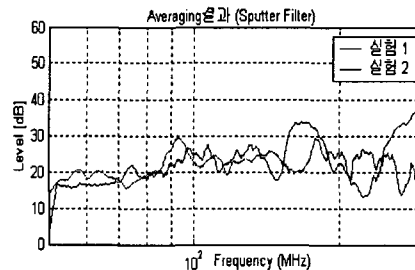


그림 18. Moving average 결과

전반적으로 특정 대역을 제외한 측정 주파수 대역(50MHz-300MHz)에서 실험 1(OATS)과 실험 2(전자파 차폐실)의 결과가 비슷한 양상을 보이고 있으며 평균적으로 주파수가 증가할수록 SE값이 증가하는 경향을 보이고 있다.

IV . 결론

PDP TV의 screen filter의 경우 PDP TV의 전자파 규격획득을 위한 중요한 역할을 함과 동시에 screen filter의 SE를 높일 수 있다면 PDP TV의 원가절감에도 큰 기여를 할 수 있는 중요한 요소이다.

PDP TV의 screen filter는 mesh type과 sputter type의 두 가지 종류가 사용되며 두 제품의 면 저항의 차이에 의해 mesh type이 sputter type에 비해 높은 SE특성을 보인다. 또한 전반적으로 저주파보다 고주파 쪽으로 갈수록 mesh type이 좀더 좋은 SE 특성을 보이고 있으며 42인치 경우보다 50인치 경우에 좀더 좋은 SE특성을 보이고 있다.

PDP TV의 screen filter의 경우 주파수가 높아질수록 SE값도 커지는 경향을 보이고 있는데 이는 주파수가 증가함에 따라 skin depth의 감소에 따른 흡수 손실의 증가에 그 이유를 찾을 수 있다.

또한 OATS에서 이산 주파수법에 의해 행해진 SE측정 실험과 전자파 차폐실에서 스윙 주파수법에 의해 행해진 SE측정 실험의 결과가 신뢰할 수 있는 주파수 대역(50-300MHz)에서 유사한 경향을 보이고 있다.

참 고 문 헌

- [1] David A. Weston, "Electromagnetic compatibility", 1991.
- [2] Liu Dichen , Deng Suqiao, "The study of metal meshes on electromagnetic interference shielding effectiveness", Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics, CEEM' 2000 . May 3-7, 2000 shanghai, china.
- [3] Kendall F. Casey , "Electromagnetic shielding behavior of wire-mesh screens", IEEE transactions on electromagnetic compatibility , vol.30 , no.3 , August 1988.

- [4] S. Kiener , A. Nishikata, " Analysis of Finite Aperture Effect in the Modified MIL-STD-285 Shielding Material's Test Method", IMTC '94 . May 10-12 ,1994 , Hamamatsu.